

Revue HOPE

Analyse de la dynamique structurelle de l'occupation des terres dans la région du Nazinon au Burkina Faso Analysis of the Structural Dynamics of Land Use in the Nazinon Region, Burkina Faso

André SAMA ^{a†}, Oumar KABORE ^b

a. Université Joseph Ki-Zerbo, Laboratoire Dynamique des Espaces et Sociétés, Ouagadougou, Burkina Faso.

b. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/CREAF de Kamboinse Ouagadougou, Burkina Faso.

Résumé

À travers le monde, les changements d'affectation des terres contribuent à leur dégradation à travers entre autres, la destruction du couvert végétal, l'érosion des sols, la diminution des réserves d'eau potable et l'émission de carbone dans l'atmosphère. Le secteur d'étude n'est pas en reste et il est constaté une dégradation continue de ses écosystèmes. L'objectif principal de cette étude est d'analyser la dynamique structurelle du paysage dans la région du Nazinon, en utilisant les indices de structure spatiale. La dynamique structurelle paysagère a été étudiée à partir de l'analyse diachronique de trois images satellites de type Landsat (TM 2003, ETM+2013 et OLI 2023). Elle est complétée par des missions de vérification terrain qui ont permis d'identifier six classes d'occupation des terres. Six indices de structures spatiales quantifiant la fragmentation ont été calculés. L'évolution de la structure du paysage s'est traduite par une mutation des formations végétales en surface agricole, définissant des processus de fragmentation du paysage. D'une façon générale, la région d'étude a subi une transformation importante liée aux activités anthropiques et à la croissance démographique. Cela s'est traduit par l'évolution croissante du nombre des taches entre 2003 et 2023 respectivement de 747 à 3 907 et de 393 à 22 269 pour les champs et les formations végétales, notamment la forêt galerie, la savane arborée et la savane arbustive/herbeuse. La télédétection et les Systèmes d'Informations Géographiques sont des outils importants pour l'analyse et le suivi écologique du paysage, à travers leur contribution efficiente à la prise de décision pour une meilleure gouvernance des ressources végétales dans un contexte de décentralisation.

© Revue HOPE, tous

droits réservés

Mots clés : structure spatiale, fragmentation, occupation des terres, activités anthropiques, formation végétale.

Abstract

Around the world, changes in land use contribute to land degradation through, among other things, the destruction of vegetation cover, soil erosion, the depletion of drinking water supplies, and carbon emissions into the atmosphere. The study area is no exception, and a continuous degradation of its ecosystems has been observed. The main objective of this study is to analyze the structural dynamics of the landscape in the Nazinon region using spatial structure indices. Landscape structural dynamics were studied through a diachronic analysis of three Landsat-type satellite images (TM 2003, ETM+ 2013, and OLI 2023). This was supplemented by field verification missions that identified six land-use classes. Six spatial structure indices quantifying fragmentation were calculated. The evolution of the landscape structure resulted in a shift from vegetation cover to agricultural land, defining landscape fragmentation processes. In general, the study region underwent significant transformation linked to human activities and population growth. This was reflected in a steady increase in the number of patches between 2003 and 2023, rising from 747 to 3,907 and from 393 to 22,269, respectively, for fields and vegetation types, particularly gallery forests, wooded savannas, and shrubby/grassy savannas. Remote sensing and Geographic Information Systems are important tools for the ecological analysis and monitoring of the landscape, as they contribute effectively to decision-making for better governance of plant resources in a context of decentralization.

© Revue HOPE, all

right reserved

Keywords: spatial structure, fragmentation, land use, human activities, vegetation formation.

† Auteur correspondant : André SAMA, andresama430@gmail.com

Article reçu le : 20/02/2026, Version corrigée reçue le 10/06/2026, Accepté le 30/06/2026.

1. Introduction

Les ressources végétales subissent des pressions anthropiques croissantes qui entraînent des dysfonctionnements des écosystèmes terrestres et des pertes de biodiversité (Roche, 1998, Anthelme et al., 2006 ; Traoré et al., 2026). Encore amplifiées par les modes et les systèmes inappropriés d'exploitation des ressources disponibles, ces mutations entraînent des conséquences directes sur le climat, les sols, les ressources en eau, la biodiversité, les écosystèmes (Kaboré, 2013) et sur la configuration du paysage (Issouf et al., 2010). Les processus naturels de succession des végétations sont alors perturbés par l'activité anthropique à travers l'exploitation du bois d'œuvre et les diverses techniques culturelles, principalement l'agriculture itinérante (Vink, 1983 ; Kaboré et al., 2020 ; Traoré, 2021 ; Sanou et al., 2023). Les facteurs humains, biophysiques et géographiques sont considérés comme les principaux responsables de l'évolution de l'occupation des terres, base de la dégradation des écosystèmes de savane et des mutations dans les systèmes agraires (Kaboré, 2013). Le paysage, espace géographique composé d'un ensemble d'écosystèmes en interaction, est dynamique (Bogaert & Mahamane, 2005). La compréhension de la dynamique structurelle de l'occupation des terres est essentielle, car elle permet d'analyser de manière approfondie les interactions complexes entre les transformations spatiales des milieux et les activités humaines qui les influencent et en dépendent. (Schlaepfer, 2002). L'analyse de la structure spatiale des écosystèmes paysagers contribue à éclairer les transformations écologiques qui s'y déroulent. Elle décrit la structure, le fonctionnement, les qualités, les fonctions et la dynamique spatio-temporelle des paysages (Bogaert et al., 2008). En effet, chaque système écologique est caractérisé par l'interdépendance de trois éléments clés : sa structure spatiale, sa composition et son fonctionnement (Bogaert, 2003). Du fait de cette relation, le paysage sera directement lié à la biodiversité et illustrera la confrontation qui existe entre la société et son milieu (Buret & Baudry, 2003).

Dans la région du Nazinon, l'explosion démographique des dernières décennies a entraîné une forte occupation des terres pour les activités agricoles et pastorales occasionnant par conséquent des empiétements énormes voire une fragmentation des espaces de conservation (Thiombiano, 2015). Il a été observé une intensification de la pression anthropique sur les ressources naturelles à travers des systèmes d'exploitation marqués par les mauvaises pratiques culturelles dans la zone d'étude (Thiombiano, 2008). Elle est accompagnée de la coupe illicite du bois énergie qui contribue à une nouvelle recomposition du paysage. Il faut noter que, les zones de conservations représentent près de 33% du territoire de la région du Nazinon (Bathiono, 2009). Dans la dynamique de l'occupation des terres, le couvert végétal est converti progressivement en terres agricoles (Dipama, 2009), modifiées par l'exploitation du bois de chauffe, du charbon de bois, par l'agriculture itinérante sur brûlis et par le pâturage (PRD, 2017 ; Dimobe et al., 2017). Dès lors, la compréhension des observations du paysage est cruciale en raison des interactions avec les activités humaines dans le secteur d'étude. C'est pourquoi le suivi de la dynamique structurelle de l'occupation des terres de cette zone s'avère urgent pour attirer l'attention des décideurs sur la dégradation des formations végétales. Elle consiste à évaluer l'état de la fragmentation des unités d'occupation des terres, en calculant, un certain nombre d'indices spatiaux. Ces indices correspondent à des indicateurs de l'état du changement de la structure spatiale du paysage (Bogaert & Mahamane, 2005 ; Ouédraogo, 2015). Cette approche qui forme le cœur de cet article est justifiée par l'observation du nombre limité de géométries spatiales qui résultent des processus de transformation spatiale.

Au regard de ces constats, on peut alors se demander quelle est la dynamique de la structure spatiale qui influence les processus écologiques dans la région du Nazinon ? L'objectif principal de cette étude est d'analyser la dynamique structurelle du paysage dans la région du Nazinon, en utilisant les indices de structure spatiale couplés avec la télédétection et les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Pour atteindre l'objectif fixé, nous avons émis

l'hypothèse selon laquelle les indices de changement de la structure paysagère permettent de mesurer la configuration spatiale du paysage sous influence des activités humaines.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Secteur d'étude

La région du Nazinon s'étend approximativement entre les latitudes 12°10' et 11°09' Nord et les longitudes 2°00' et 0°34' Ouest. Le secteur d'étude est situé dans le Sud du Burkina Faso (figure 1). Elle couvre une superficie de 11 457 km² (MATD, 2019). L'économie du secteur d'étude est essentiellement agricole avec une proportion de 82,1% de la population active qui exerce dans le secteur primaire (INSD, 2022). Par ailleurs, c'est la deuxième zone du Burkina Faso qui dispose de nombreuses potentialités, parmi lesquelles, le réseau d'aires contiguës du Parc National de Pô (155 000 hectares) et du Ranch de gibier de Nazinga (94 000 hectares). Le secteur d'étude abrite la forêt classée de la Sissili répartie en zone de chasse (32 700 hectares), en zones villageoises de chasse autour de Nazinga (54 300 hectares) et de la Sissili (5 700 hectares) (INSD, 2022). La région du Nazinon compte 788 731 habitants (INSD, 2022). Le secteur d'étude occupe 4,19% de la superficie totale du Burkina Faso avec une densité moyenne de 69 habitants au km². La figure 1 présente le secteur d'étude.

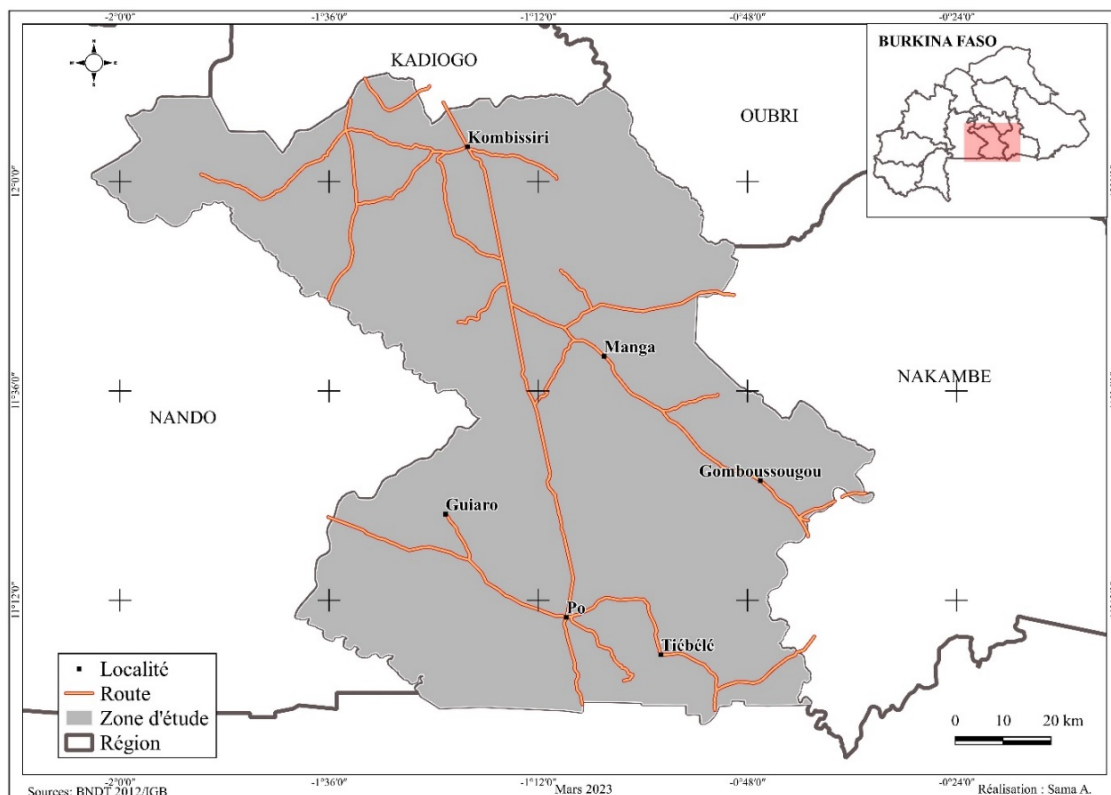


Figure 1 : Localisation de la région du Nazinon. La région abrite un nombre important d'aires protégées (forêts classées, Parc national, zones cynégétiques) considérées comme le deuxième centre de conservation de la biodiversité au Burkina Faso et en Afrique de l'Ouest.

2.2 Méthode

La dynamique du paysage peut être décrite par des mutations dans le temps, sa composition et sa structure spatiale (Schlaepfer, 2002). L'application des méthodes de l'écologie du paysage est basée sur la relation d'interdépendance entre les trois éléments clés de tout système écologique à savoir sa configuration spatiale, sa composition et son fonctionnement par le calcul d'indices de structure spatiale (Bogaert, 2000 ; Barima et al., 2010 ; Bogaert et al., 2011). Cela nécessite l'usage des images de télédétection et des cartes thématiques. Dans cette étude, il a été procédé au traitement des images satellitaires Landsat (TM2003, ETM+2013 et OLI 2023). La classification supervisée des images a été réalisée grâce à l'algorithme du maximum de vraisemblance (*maximum likelihood*) suivie d'une sortie de vérification terrain au cours de laquelle 250 points ont été vérifiés. Les logiciels de SIG et de traitements d'image ont été utilisés et le calcul des différents indices a été possible grâce au tableur Microsoft Excel. Ces indices adaptés aux objectifs du travail ont été sélectionnés puis calculés. Un GPS a servi à la reconnaissance des classes d'occupation des terres pendant le contrôle de vérité terrain. La classe habitation a été numérisée sous QGIS à partir des images satellitaires Landsat de chaque date, par la création d'une couche vectorielle, suivie de la digitalisation de l'ensemble des emprises bâties, puis de la vérification topologique afin d'assurer la cohérence et la qualité des données spatiales.

L'analyse a consisté au calcul d'un certain nombre d'indices de structure spatiale. Il est admis que le paysage est composé par trois types d'éléments : les taches, entités élémentaires fonctionnelles d'une classe d'occupation des terres, les corridors, les éléments linéaires reliant les taches entre elles et la matrice, l'élément englobant qui exerce le rôle dominant (Forman, 1997 ; Burel et al., 2003 ; Mama et al., 2013). Ainsi, afin d'étudier les rapports entre la configuration du paysage et les processus écologiques, il a été nécessaire de décrire ces structures en termes quantifiables. Ceci explique le développement d'une série d'indices « *landscape metrics* » (Bogaert, 2003 ; Mama et al., 2013). Ces mesures sont souvent un des indicateurs de l'impact humain sur la morphologie du paysage (Krummel et al., 1987). Il existe un nombre important d'indices que l'on pourrait utiliser pour décrire et quantifier la structure du paysage (Davidson, 1998). Dans le cadre de cette étude, cinq indices ont été choisis pour quantifier et apprécier le degré de fragmentation du paysage. Ce choix est adapté aux objectifs de l'étude.

Calcul d'indices de la structure spatiale

➤ Nombre de taches

Le nombre de taches est très important et permet de mesurer le degré d'effritement du milieu (Ouédraogo, 2015). C'est un paramètre très important pour décrire le paysage (Inoussa et al., 2012). Ces mesures sont un indicateur de l'impact humain sur la morphologie du paysage (Krummel et al., 1987). Le nombre de taches (n_j) des unités d'utilisation des terres en 2003 et 2023 n'est rien d'autre que la somme calculée de ces derniers à partir des tables d'attributs des différentes couches. Cet indice renseigne sur la fragmentation d'une classe entre deux périodes (Inoussa et al., 2012). En effet, l'augmentation du nombre de taches d'une classe peut être due à la fragmentation de cette classe (Davidson, 1998).

➤ L'aire totale

L'aire totale (a_{tj}) occupée par la classe j (ha) a été calculée suivant l'équation ci-dessous.

$$a_{tj} = \sum_{i=1}^{n_t} a_{ij} \text{ Où } a_{ij} \text{ est l'aire de la } i\text{-ème tache de la classe } j.$$

Si l'aire d'une classe est grande, sa fragmentation est censée être faible, et si elle est petite sa fragmentation est importante (Kabulu et al., 2008).

➤ Dominance

La dominance $D_j(a)$ indiquant la proportion d'aire occupée par la tache dominante dans la classe j a aussi été considérée. Il s'agit de la part occupée dans l'aire totale (a_{tj}) par la plus grande tache de la classe j notée $amax,j$ (McGarigal et al., 1995). Elle a été calculée suivant la formule ci-dessous :

$D_j(a) = \frac{a_{maxj}}{a_{tj}} \times 100$ $D_j(a) \leq 100$. Plus la valeur de la dominance est grande, moins la classe est fragmentée (Inoussa et al., 2012).

➤ L'indice de dispersion des taches R

L'indice d'agrégation de Clark et Evans (R) est obtenu par le rapport entre la distance moyenne observée ($\bar{r}_o$) et la distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ($\bar{r}_a$). Cette méthode selon Clark et Evans (1954) se base sur l'observation de la distance entre une tache et son proche voisin. Clark & Evans (1954) ont défini les valeurs de l'indice d'agrégation (R) pour caractériser la distribution spatiale. La distribution est aléatoire si la valeur de l'indice $R \approx 1$; elle est agrégée ou *clumped* lorsqu'elle est inférieure à 1 et tend vers 0 ; pour une distribution uniforme ou *overdispersed*, l'indice s'approche d'une limite supérieure ou égale 2,15 (Clark & Evans, 1954 ; Sterba & Zingg, 2006). L'indice de dispersion R a été calculé suivant la formule : $R = \frac{\bar{r}_o}{\bar{r}_a}$

- La distance moyenne $\bar{r}_o$ de chaque tache à son proche voisin a été déterminée par :

$$\bar{r}_o = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \quad \text{Avec } n \text{ tache et } n \text{ distance } r_i$$

- La distance moyenne attendue $\bar{r}_a$ a été déterminée sur la base de la densité de tache p et la superficie de la zone (E) :

$$\bar{r}_a = \frac{1}{2\sqrt{p}} \quad \text{avec} \quad p = \frac{n}{E}.$$

➤ La dimension fractale

La dimension fractale Df des classes de chaque unité d'occupation des terres a été utilisée. Cet indice est considéré comme une mesure du degré d'anthropisation des taches dans une classe du paysage (Krummel et al., 1987). En effet, les objets naturels sont caractérisés par des formes complexes avec une valeur de dimension fractale élevée ($Df \approx 2$) tandis que les objets modelés par l'homme ont des formes caractéristiques régulières (carré, rectangle...) et une valeur de dimension fractale faible ($Df \approx 1$) (Krummel et al., 1987). Pour mesurer la complexité du paysage, la dimension fractale permet de quantifier le degré d'irrégularité et de fragmentation d'un objet (Mandelbrot, 1983). Elle est déterminée par la relation qui existe entre le périmètre et l'aire de l'ensemble des taches de la classe (Mandelbrot, 1983 ; Halley et al., 2004) : $p_i = k \cdot a_i^{Df/2}$, où k est le facteur de graduation aussi appelé « préfacteur » (Halley et al., 2004) défini comme constante et reflétant les formes des taches (Imre, 2006), et sont respectivement l'aire et le périmètre de la i -ème tache de la classe et Df est la dimension fractale de cette classe. La reformulation de l'équation en utilisant une transformation logarithmique (Burel & Baudry, 2003) donne : $\log p_i = \log k + \left(\frac{Df}{2}\right) \cdot \log a_i$. Dans cette étude, la régression linéaire entre les aires ($\log a_i$) et les périmètres ($\log p_i$) de l'ensemble des taches de la classe a été utilisée, permettant d'obtenir la dimension fractale par la détermination de la pente (Imre & Bogaert, 2004).

3. Résultats

3.1 Cartographie

Sept classes d'occupation des terres ont finalement été cartographiées (figure 2 ci-dessous), qui sont la savane arborée, la savane arbustive et herbeuse, les forêts galeries, les champs et les habitations. La discrimination entre ces différentes unités d'occupation des terres est statistiquement significative pour les images Landsat (TM 2003, ETM+2013 et OLI 2023). Les classifications ont été validées par les calculs du coefficient kappa après une vérification des données de terrain. Les résultats de l'analyse de la performance donnent pour chacune des images classifiées, les précisions globales présentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Synthèse des résultats des matrices de confusion des trois images classifiées

Images	Précision globale	Coefficient Kappa
Image Landsat TM 2003	85,51%	84,21%
Image Landsat ETM+2013	97,07%	96,51%
Image Landsat OLI 2023	99,54%	99,45%

TM : Thematic Mapper, ETM+ : Enhanced Thematic Mapper Plus, OLI : Operational Land Imager

Sources : Traitement statistique des images Landsat (TM 2003, ETM+2013 et OLI 2023)

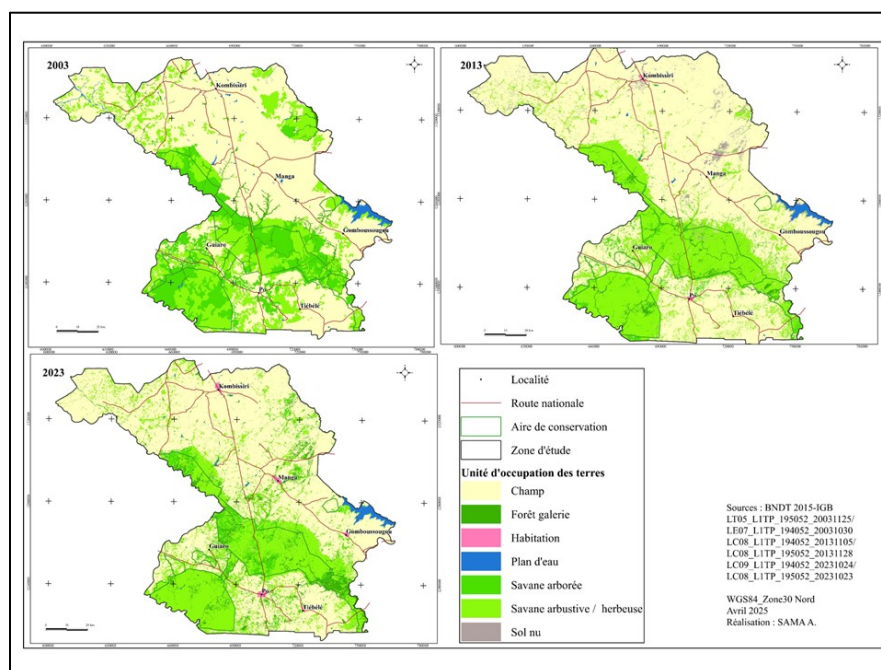


Figure 2 : Occupation des terres en 2003, 2013 et 2023 couvrant la région du Nazinon.

3.2 Dynamique quantitative de la structure du paysage

Le tableau 2 présente les différents indices de structure spatiale calculés pour chaque classe. Ces indices ont permis de détecter les changements de la structure spatiale du paysage entre les deux dates (2003-2023). Le nombre de taches (n_j) pour l'ensemble des classes a augmenté entre 2003 et 2023 pour les champs et les forêts galeries respectivement de 747 à 3 907 et de 21 à 3 093. Cette progression est constatée au niveau des savanes arborées de 97 à 6 401 et concernant les savanes arbustives /herbeuses de 275 à 12 775 ; indiquant une fragmentation avec un morcellement des taches initiales. Cela pourrait indiquer une fusion et/ou une disparition des taches au profit d'autres taches.

Cette fragmentation est confirmée par la diminution considérable des aires totales moyennes ($\bar{a}_{ij}$) des classes champ, forêt galeries, savane arborée, savane arbustive/herbeuse respectivement de 882,53 ha à 163,39 ha ; de 1 475,04 ha à 17,70 ha ; de 1 710,61 ha à 22,89 ha et de 997,99 ha à 20,43 ha (tableau 2). En effet entre 2003 et 2023, ces classes ont respectivement ont été divisées par environ 5 ; 86 ; 77 et 49, traduisant une déforestation accélérée de la zone d'étude.

Cette tendance de fragmentation est confirmée par la diminution de la dominance dans l'ensemble des classes. Les valeurs de la dominance (D_j (%)) ont enregistré une dynamique régressive dans la période 2003 à 2023, concernant les formations végétales telles que les forêts galeries dont la valeur est passée de 70,98 % à 54,94%, la savane arborée de 19,27 % à 15,21% sur la même période, et la savane arbustive/herbeuse avec une régression de 0,43 %. Cela signifie qu'en 20 ans, les taches qui dominaient par leur taille ont été morcelées au profit des champs, ce qui démontre une déforestation due à l'influence anthropique. On note également que la valeur de la dominance augmente pour les champs et les habitats respectivement de 41,18% à 54,71% et de 40,47% à 50,19% (tableau 2). Cette augmentation est le signe d'une forte pression des activités anthropiques dans la zone d'étude.

L'indice de dispersion de Clark et Evan (R) calculé pour les années 2003, 2006 et 2023 a donné des valeurs inférieures à 1 et tendent vers 0 pour l'ensemble des unités d'occupation des terres dans l'espace d'étude de 658 948,97 hectares. La valeur de la distance moyenne calculée est inférieure à la distance attendue pour les six unités d'occupation des terres. Ce qui pourrait se traduire par une distribution adjointe au vu des résultats obtenus.

L'indice de la dimension fractale (Df) a connu une baisse de 2003 à 2023 pour les plans d'eau et habitations, respectivement de 1,40 à 1,38. Cela montre que non seulement il y a eu régression des superficies des formations végétales au profits des champs et les sols nus en 20 ans, mais aussi une forte anthropisation. Cette mesure témoigne le niveau de fragmentation de la zone d'étude due à l'anthropisation du paysage.

La dimension fractale (Df) a augmenté pour la savane arborée et la savane arbustive/herbeuse respectivement de 1,24 à 1,37 et de 1,37 à 1,85 (tableau 2) au cours de même période. Cette mesure de complexité du paysage, permet de quantifier le degré d'irrégularité et de fragmentation de la zone d'étude.

Tableau 2 : Indice de structures spatiales calculé entre 2003, 2013 et 2023 pour chaque classe d'occupation des terres

	n_j			at_j(ha)			ā_j(ha)		
	2003	2013	2023	2003	2013	2023	2003	2013	2023
Champ	747	1 933	3 907	659 252,42	646 609,24	638 371,68	882,53	341,05	163,39
Forêt galerie	21	1 154	3 093	30 975,80	23 029,02	18 556,23	1 475,04	26,84	17,70
Habitat	8	9	21	791,90	2 285,10	8 242,23	98,99	87,99	392,49
Plan d'eau	56	33	96	13 525,70	8 650,61	9 892,73	241,53	409,87	103,05
Savane arborée	97	4 264	6 401	165 928,71	176 052,84	146 531,72	1 710,61	38,91	22,89
Savane arbustive/herbeuse	275	5 277	775	12 446,75	249 581,71	260 965,98	997,99	52,01	20,43
Sol nu	25	4 188	5 560	38 808,06	26 803,41	26 988,07	32,32	0,19	4,85

	D_j (%)			R			D_f		
	2003	2013	2023	2003	2013	2023	2003	2013	2023
Champ	41,18	81,02	54,71	0,05	0,08	0,12	1,18	1,24	1,27
Forêt galerie	70,98	27,81	54,94	0,01	0,06	0,10	1,42	1,47	1,42
Habitat	40,47	32,14	50,19	0,01	0,01	0,01	1,57	1,52	1,44
Plan d'eau	65,66	87,18	83,24	0,01	0,01	0,02	1,40	1,36	1,38
Savane arborée	19,27	27,06	15,21	0,02	0,12	0,15	1,24	1,34	1,37
Savane arbustive/herbeuse	28,65	58,70	28,22	0,03	0,14	0,21	1,25	1,33	1,37
Sol nu	10,32	2,28	7,23	0,01	0,12	0,14	1,71	1,46	1,53

Légende : **n_j** = nombre de taches de la classe j ; **a_{ij}** = aire totale de la tache j ; **D_j** = dominance de la tache j ; **R** = Indice de dispersion de la tache j de Clark et Evans ; **D_f** = dimension fractale de la tache j

Sources : Traitement statistique des images Landsat (TM 2003, ETM+2013 et OLI 2023)

4. Discussion

4.1 Approche méthodologique

La confrontation des trois images Landsat 2003, 2013 et ETM+ 2023 a permis de quantifier les dégradations de la végétation intervenues dans le paysage (DeFries et al., 2007). Les classifications supervisées des images avec six classes par l'algorithme du maximum de vraisemblance (maximum likelihood) ont donné des valeurs de précision statistiquement acceptables selon l'échelle de Mama et al., (2013). Les matrices de confusion des classifications de l'occupation des terres ont donné une précision globale qui varie de 84,21% à 99,45%. Une bonne précision dans la cartographie des types d'utilisation et d'occupation des terres est essentielle, car la précision globale standard est fixée entre 80-85% (Treitz & Rogan, 2004). Nous pouvons conclure que les classifications sont fiables et statistiquement acceptables.

Parmi les méthodes de classification des images satellitaires, la classification supervisée a été retenue en utilisant l'algorithme de maximum de vraisemblance. Cette méthode a été utilisée par plusieurs auteurs dans la sous-région (Diallo et al., 2011 ; Inoussa et al., 2012 ; Dimobe et al., 2017 ; Gansaonré et al., 2020). En effet, les différentes classifications supervisées ont permis d'observer l'existence des formations végétales comme les forêts galeries, les savanes arborées, les savanes arborées/herbeuses (Diallo et al., 2011) par leur physionomie. Les feux de végétation réfléchissent dans la bande du proche infrarouge et apparaissent en couleur noire dans les classifications augmentant les difficultés d'interprétation. Cette difficulté a été démontrée par bon nombre d'auteurs (Collinge & Forman, 1998). En effet, les discussions avec les populations ont porté sur la localisation de leurs activités socio-économiques ; ce qui a permis de mieux restituer de façon synchronique et diachronique, l'organisation spatiotemporelle de l'espace (Grenan & Joiris, 2000). La conversion des paysages naturels en paysages artificiels entraîne très souvent des changements dans la configuration spatiale des paysages (Collinge & Forman, 1998). C'est ce qui nous a amené à l'idée de quantifier de l'anthropisation du paysage à partir des calculs d'indices structuraux. Le nombre de taches, l'aire totale, la dominance des taches, l'indice de dispersion spatiale et la dimension fractale ont été mesurés. Ces mesures sont souvent considérées comme les éléments essentiels de la configuration du paysage (Bogaert & Hong, 2003 ; Bama, 2008 ; Dimobe et al., 2017). La détermination de la dimension fractale a permis de détecter le degré d'anthropisation du paysage naturel, car elle a été reconnue (Krummel et al., 1987) comme une méthode très fiable de description de l'effet anthropique sur la forme des taches. La complexité des techniques d'écologie du paysage nécessite un grand approfondissement de connaissances compte tenu de son caractère pluridisciplinaire.

4.2 Choix des indices de structure spatiale

Dans cette recherche, la définition de la fragmentation a servi à l'élaboration des divers indices. En particulier en écologie du paysage, l'étude de la fragmentation forestière est devenue un sujet crucial pour la préservation. (Haila, 2002 ; Inoussa et al., 2012 ; Dimobe et al., 2017). En effet, la fragmentation entraîne une réduction de l'aire totale de taches et une augmentation du nombre de taches (Davidson, 1998) par conséquent ce sont ces variables qui ont été mesurées et analysées dans l'étude. Et pour montrer l'effet anthropique, l'indice de la dimension fractale a été utilisé, car avec l'intervention de l'homme, les formes des taches deviennent plus régulières et cela est quantifié par des valeurs de la dimension fractale qui tend vers 1. Selon (Bogaert & Mahamane, 2005), l'anthropisation dans le milieu naturel est généralement caractérisée par un changement dans la géométrie des taches et une évolution des classes anthropisées au détriment des classes naturelles d'occupation des terres. Même s'il existe une redondance

d'information entre ces indices, ils constituent un argument pour mettre en lumière, le fait que les observations ne sont pas dues au hasard (Bogaert & Hong, 2003). Pour Inoussa et *al.* (2012), la fragmentation est un processus bien précis qui implique plusieurs paramètres et variables à considérer ensemble. Ce sont ces paramètres qui s'accompagnent pour aboutir à la fragmentation comme résultat.

4.3 Dynamique structurelle paysagère

L'analyse des indices a permis de déceler une dégradation des formations végétales, une anthropisation marquée par l'augmentation de l'aire totale des champs et des habitations enfin, une forte régression des formations végétales entre 2003 et 2023. La forte réduction de l'aire moyenne totale de la savane arborée, de la savane arbustive/heureuse et de la forêt galerie est un signe de perturbation des écosystèmes. Cette situation est provoquée dans la zone d'étude par une disparition de la jachère et une accélération décroissante des formations végétales au profit des champs et des sols nus. La dégradation des formations végétales (savane arborée, savane arbustive/heureuse et forêt galerie) est marquée par une fragmentation plus forte, ces résultats sont similaires à ceux de Bamba, (2010) ; de Mama et *al.*, (2013) ; de Sama et *al.*, (2023). Les études de Arouna (2012) confirment la fragmentation des forêts à Djidja au centre du Bénin par l'agriculture, la carbonisation par les payants. Elle est démontrée par une forte augmentation du nombre des taches ainsi que par une diminution de l'aire totale des taches. Quant à l'indice de dominance, il décroît pour l'ensemble des unités d'occupation des terres. La dynamique structurelle de l'espace est donc plus forte dans les trois classes (savane arborée, champs et forêt galerie). En plus, les tendances observées entre les deux groupes de classes (la savane arbustive/heureuse et sol nu) évoluent en sens contraire. Ces résultats obtenus reflètent celui trouvé par Kabulu et *al.* (2008) dans le Katanga au Congo. Cette situation s'explique par le fait qu'à partir des années 2006 - 2011, il y a eu la création du corridor n°1 et 2 et l'empiétement agricole des aires de conservation occupés à plus de 50% par les agriculteurs migrants en complicité avec les propriétaires terriens. De ce fait, il y a une croissance des superficies cultivées liée à l'augmentation de la population, surtout avec les personnes déplacées internes. Cela s'accompagne d'une forte fragmentation du paysage et un agrandissement du nombre de tâches des champs dans le paysage. Ces résultats corroborent l'analyse faite par Bogaert & Hong, (2003) ; Sabatier et *al.* (2010) ; Mama et *al.* (2013) ; Dimobe et *al.* (2017) ; Kaboré et *al.*, 2020. Les auteurs tels que Bogaert (2000), Cabala et *al.* (2018) et Issouf et *al.* (2008) ont abondé dans le même sens que les présents résultats. Notre étude a révélé plusieurs transformations spatiales grâce aux indices de structure spatiale. Toutefois, il est évident que tous les indicateurs corroborent les changements spatiaux effectués dans la zone d'étude au cours des deux dernières décennies. Cela est illustré par une forte augmentation du nombre de taches de la classe des champs, des habitations et des sols nus. Ces résultats sont en concordance avec celui de Touré (2010), Ouedraogo (2015), Kaboré et *al.* (2019), Dimobe et *al.* (2017), Sama et *al.* (2023) et Traoré et *al.* (2026), qui affirment que la diminution de la surface et l'augmentation du nombre de taches d'une classe indiquent un processus de détérioration de cette classe, entraînant ainsi sa fragmentation. Cette fragmentation des formations végétales pourrait s'expliquer par les défrichements agricoles, le surpâturage et les feux de brousse. Les activités anthropiques ont déjà été révélées comme un facteur important dans la dynamique régressive des formations végétales (Dipama 2009 ; Toko et *al.*, 2012 ; Gansaonré et *al.*, 2020). Cependant, la pression agricole et le surpâturage seraient les principales causes de cette fragmentation des formations végétales (Zoungrana et *al.*, 2023), car la zone d'étude est fortement anthropisée. Bama et *al.*, 2008 et Kaboré (2013) montrent que les pratiques culturelles sont également les véritables causes de la dégradation du couvert végétal. Quant à Bogaert & Mahamane (2005), l'anthropisation dans un milieu naturel est généralement caractérisée par une fragmentation, un changement dans la géométrie des taches et une évolution des classes anthropisées au détriment d'autres classes naturelles. En effet, la fragmentation entraîne la réduction d'un habitat continu de grande taille en habitats plus petits et isolés les uns des autres (Tabarelli, 2008). La

fragmentation est une menace pour la conservation de la biodiversité, car une homogénéisation des paysages s'opère via l'agrandissement des espaces agricoles (Roche, 1998).

Conclusion

L'objectif principal de cette étude était d'analyser la dynamique structurelle de l'occupation des terres de la région du Nazinon, en utilisant les techniques de l'analyse spatiale, la télédétection et les méthodes de l'écologie du paysage. L'analyse spatiale nous a permis de faire le calcul d'un certain nombre d'indices de configuration spatiale à partir des tables attributaires des différentes couches d'occupation des terres générées. Au regard des résultats obtenus, la zone d'étude a subi une pression anthropique assez forte. Les formations végétales ont été fortement fragmentées ainsi que les habitations et les plans d'eau, au regard de leur nombre élevé des taches. L'indice de la dimension fractale a connu une augmentation de 2003 à 2023 pour l'unité champs en 20 ans. Cette mesure témoigne le degré d'anthropisation du paysage de la zone d'étude. Dans une optique de décentralisation territoriale, il est primordial de concevoir des outils d'aide à la décision qui favorisent une gestion raisonnable et durable. L'appréciation de la fragmentation peut s'avérer bénéfique pour les intervenants des services publics et privés en leur permettant d'évaluer spécifiquement les processus de dégradation et la vulnérabilité de chaque catégorie d'unité paysagère, afin d'en tirer des implications opérationnelles. De plus, elle est précieuse pour les instances de recherche et de conservation, car elle leur permet de tenir compte des facteurs de risque liés à la dégradation en parallèle avec les déterminants biophysiques.

Remerciements

Les auteurs remercient les services déconcentrés de l'Etat et les populations de la région du Nazinon pour leur accompagnement.

Références

- Anthelme, F., Mato M. W., Boissieu D. et Giazzi F. (2006). Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Air (Sahara, Niger). Vertigo – La revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Vol 7 no 2, 12 p. mis en ligne le 8 septembre 2006, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/2224> ; DOI : [10.4000/vertigo.2224](https://doi.org/10.4000/vertigo.2224). Consulté le 2 Juin 2026
- Arouna, O., (2012). Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 162 p.
- Bamba, I., (2010). Anthropisation et dynamique spatiotemporelle de paysages forestiers en République démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 189 p.
- Bamba, I., Mama, A., Neuba, D. F. R., Koffi, K. J., Traore, D., Visser, M., Sinsin, B., Lejoly, J. & Bogaert, J., (2008). Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo central. Sciences & Nature, 5 : p 49-60.
- Barima, Y.S.S., Barbier N., Brahima, O. & Bogaert, J., (2010). Relation entre la composition floristique et des indicateurs de la fragmentation du paysage dans une région de transition forêt-savane ivoirienne, BASE [En ligne], Volume 14 (2010), numéro 4, p 617-625 URL : <https://popups.uliege.be:443/1780-4507/index.php?id=6345> consulté le 22 mai 2023.

Bathiono, Y., (2009). Etude du potentiel faunique des corridors communautaires de biodiversité de l'écosystème naturel Po-Nazinga-Sissili (PONASI) au Burkina Faso et propositions pour leur évolution. Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de master en gestion des aires protégées, Zie, p.104.

Bogaert, J. & Hong, S.K., (2003). Landscape ecology: monitoring landscape dynamics using spatial pattern metrics. In: Ecological issues in a changing world, (eds. Hong, S.K.; Lee, J.A.; Ihm B.S.; Farina A.; Son Y.; Kim E.S. & Choe J.C), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 109-131.

Bogaert, J. & Mahamane, A., (2005). Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin, 7, pp 39-68.

Bogaert, J., (2000). Quantifying habitat fragmentation as a spatial process in a patch-corridor-matrix landscape model. PhD dissertation, University of Antwerp, Belgium.

Bogaert, J., (2003). Lack of agreement on fragmentation metrics blurs correspondence between fragmentation experiments and predicted effects. Conservation Ecology 7 www.consecol.org/vol7/iss1/ consulté le 23 mai 2023.

Bogaert, J., Barima, Y.S.S., Ji, J., Jiang, H., Bamba, I., Iyongo, W.M.L., Mama, A., Nyssen, E., Dahdouh-Guebas, F. & Koedam, N., (2011). A methodological framework to quantify anthropogenic effects on landscape pattern. In: Landscape ecology in Asian cultures (eds S.-K. Hong, J. Wu, J.-E. Kim & N. Nakagoshi), Springer, Verlag, New York, pp. 141-167.

Bogaert, J., Nddihokubwayo S., Bizimana, S., Habonimana, B., (2008). Définition et identification des processus de transformation pour l'analyse de la dynamique spatio-temporelle du paysage. Revue de l'Université du Burundi- Série Sciences Exactes N°24, 14p.

Burel, F. & Baudry, J., (2003). Ecologie du paysage : Concepts, méthodes et applications. Paris, France : Tec & Doc.

Cabala, K.S., Useni Sikuzani, Y., Amisi Mwana, Y., Bogaret, J., Munyemba Kankumbi, F., (2018). Analyse structurale de la dynamique forestière dans la région de l'Arc Cuprifère Katangais en République Démocratique du Congo : II. Analyse complémentaire de la fragmentation forestière. TROPICULTURA, n 36, 4, pp. 621 630.

Clark, J.P. & Evans, C.F., (1954). Distances to nearestneighbour as a measure of spatial relationships in population. Ecology, 35, 445-453.

Collinge, S.K. & Forman, R.T.T., (1998). A conceptual model of land conversion processes: predictions and evidence from a microlandscape experiment with grassland insects. Oikos, 82: pp 66-84.

Davidson, C., (1998). Issues in measuring landscape fragmentation. Wildlife Society Bulletin, 26: p 32-37

DeFries, R., Achard, F., Brown, S., Herold, M., Murdiyarso, D., Schlamadinger, B. & de Souza, C., (2007). Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries. Environmental Science & Policy, 10, p 385-394.

Diallo, H., Bamba, I., Barima, Y.S.S., Visser, M., Ballo, A., Mama, A., Vranken, I., Maiga, M. & Bogaert, J., (2011). Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la dégradation d'une aire protégée du Mali (la Réserve de Fina, Boucle du Baoulé). Sécheresse, 22, p 97-107.

Dimobe, K., Goetze, D., Ouédraogo, A., Forkuor, G., Wala, K., Porembski, S., & Thiombiano, A., (2017). Spatio-temporal dynamics in land use and habitat fragmentation within a protected area dedicated to tourism in a Sudanian savanna of West Africa. Journal of Landscape Ecology, 10(1): 75-95. <https://doi.org/10.1515/jlecol-2017-0011>.

Dipama, J.-M., (2009). Les risques de dégradation des écosystèmes liés à la culture du coton au Burkina Faso : le cas du parc national de Pô. Revue de l'Université de Moncton, 40(2), 29-52. <https://doi.org/10.7202/1001387ar>. Consulté le 22 juin 2023.

Forman, R.T.T., (1997). « Land mosaics: the ecology of landscapes and regions ». Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Gansaonré, R. N, Zoungana, B. J.-B. et Yanogo, P. I., (2020). Dynamique du couvert végétal à la périphérie du Parc W du Burkina Faso. *Belgeo* [En ligne], 1 | 2020, URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/40786> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/belgeo.40786>. Consulté le 22 mai 2023.

Grenan, P. & Joiris, D., (2000). Usages de l'espace et enjeux territoriaux en forêt tropicale. In : Bahuchet S. & De Maret P. Editions. Avenir des peuples des forêts tropicales, 2, Approche thématique. Bruxelles: APFT, ULB, p. 107-134.

Haila, Y., (2002). A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications* 12 :321-334.

Halley, J.M., Hartley S., Kallimanis A.S., Kunin W.E., Lennon J.J. & Sgardelis S.P., (2004). Uses and abuses of fractal methodology in ecology. *Ecological Letters*, 7: 254-271

Imre, A.R. & Bogaert, J., 2004. The fractal dimension as a measure of the quality of habitats, *Acta Biotheor*, 52: p 41–56.

Imre, A.R., (2006). Artificial fractal dimension obtained by using perimeter area relationship on digitalized images. *Applied Mathematics and Computation*, 173: 443-449.

Inoussa, T.M., Fatou, T., Ismaila, T., Brice, S., (2012). Indices de structures spatiales des îlots de forêts denses dans la région des Monts Kouffé, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 numéro 3 URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/13059>. Consulté le 23 mai 2023.

Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), (2022). Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH 2019) : Résultats globaux. Ouagadougou : INSD, Burkina Faso. 270 p.

Issouf, B., Adi M., Danho, F. R., Kouao, J. K., Dossahoua T., Marjolein, V., Brice, S., Jean, L. & Bogaert, J., (2008). Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sciences & Nature* Vol. 5 N°1 : 49 – 60 p (2008)

Issouf, B., Sadaïou, Y., Barima, S., Bogaert, J., (2010). Influence de la densité de la population sur la structure spatiale d'un paysage forestier dans le bassin du Congo en R.D.C. *Mongabay.com Open Access Journal -Tropical Conservation Science* Vol.3 (1) : 31-44 p.

Kaboré, O., (2013). Dynamique de l'utilisation des terres dans les écosystèmes de savane et systèmes agraires du Bassin Versant de la Kompienga (Burkina Faso). Thèse de doctorat unique en géographie. Université de Ouagadougou, 281 p.

Kaboré, O., Ouédraogo B. et Sawadogo S. (2020) - Facteurs de fragmentation et stratégies de gestion des massifs forestiers au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, vol. 133, n° 1, p. 13516-13531.

Kaboré, S. A., Hien, M., Ouédraogo, O., & Thiombiano, A., (2019). Land use dynamics and vegetation cover change in Burkina Faso: implications for natural resource management. *Journal of Environmental Protection*, 10, 128–142.

Kabulu, D. J., Bamba, I., Munyemba, K. F., Defourny, P., Vancutsem, C., Nyembwe, N. S., Ngongo, L. M. et Bogaert, J., (2008). Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga Ann. Fac. Sc. Agro., I, (2), p 12.

Krummel, J.R., Gardner, R.H., Sugihara, G., O'Neill, R.V. & Coleman, P.R., (1987). Landscape pattern in a disturbed environment. *Oikos*, 48, 321-324.

Mama, B. Sinsin, C., De Cannière. & Bogaert, J. (2013). Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *TROPICULTURA*, 31, 1, 78-88.

Mandelbrot, B.B., (1983). *The Fractal Geometry of Nature*. W.H.Freeman and Company, New York. USA.

McGarigal K., & Marks B. J., (1995). *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Structure*. Department of Agriculture, Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNW-GTR-351. Oregon, USA, www.fs.fed.us/pnw/pubs/gtr_351.pdf 132 p. Consulté le 20 mai 2024.

Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation (MATD), (2019). *Monographie de la région du Centre-Sud*. p 52.

Ouédraogo, B., (2015). *Stratégies d'adaptation des agropasteurs à la variabilité climatique dans le bassin versant de Yakouta (Burkina Faso)*. Thèse de doctorat unique de Géographie. Université de Ouagadougou, 257 p.

Projet Recherche et Développement (PRD), (2017). *Intégration de la conservation de la biodiversité et du développement local dans le contexte d'aires protégées du complexe écologique PONASI*, 64p.

Roche, P., (1998). *Dynamique de la biodiversité et action de l'homme*. Rapport ENV-SRAE – 94233, Paris, France.

Sabatier, R., Doyen, L., Tichit, M., (2010). *Reconciling production and conservation in agrolandscapes : does landscape heterogeneity help? Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food (ISDA)*. Montpellier, France, 10 p.

Sanou, L., Savadogo W.A, Diawara S. & Savadogo P. (2023). *Perceptions locales des perturbations écologiques sur la dynamique de la végétation de la réserve de biosphère transfrontalière Parc National du W, Afrique de l'Ouest*. *Revue Ecosystèmes Et Paysages*, 3(2). <https://doi.org/10.59384/recopays.tg.v3i2.63>

Sama, A., Ramdé, Z., Ouédraogo, P.C., Sikuzani, Y.U., Waselin, S., Dipama, J-M. & Bogaert, J., (2023). *Pression anthropique et dynamique de l'occupation du sol autour du corridor n°1 du complexe écologique Pô-Nazinga-Sissili au Burkina Faso*. *Tropicultura [En ligne]*, Volume 41 (2023), URL : <https://popups.uliege.be/2295-8010/index.php?id=2200>. Consulté le 20 mai 2024

Schlaepfer, R., (2002). « Analyse de la dynamique du paysage ». Fiche d'enseignement 4.2, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse.

Sterba, H. & Zingg, A., (2006). *Distance dependent and distance independent description of stand structure*. *Allg. Forst-Jagdztg*. 8, p 169-176.

Tabarelli, M., Lopes, AV., Peres CA., (2008). *Edge-effects drive tropical forest fragments towards and early successional system*. *Biotropica*, 40 :657-661 p.

Thiombiano, A.N., (2008). *Les effets induits de la culture du coton sur les ressources naturelles dans la zone du Parc National Kaboré Tambi (Provinces du Nahouri et du Zoundwéogo)*, mémoire de maîtrise, Université de Ouagadougou, 126 p.

Thiombiano, P.S., (2015). *Etat des lieux de la fonctionnalité du corridor écologique Ranch de Gibier de Nazinga-Parc National Kaboré Tambi : Acquis, contraintes et perspectives*. Mémoire de fin de cycle en vue d'obtention du diplôme d'inspecteur des eaux forêts, 75 p.

Toko, I. I., Oumorou, M., Sinsin, B., & Bogaert, J., (2012). *Évaluation de la fragmentation des habitats dans la zone soudanienne du Bénin par l'analyse de la structure spatiale du paysage*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(5), p 2041-2057.

Touré, F., (2010). *Contribution de la Télédétection et des SIG dans l'étude de la dynamique des îlots de forêt dense dans la Forêt classée des Monts Kouffé et sa périphérie au Bénin entre (1986-2006)*. DESS en Production et gestion de l'information géographique. RECTAS. Campus Universitaire Obafemi Awolowo. Ilé-Ife. Nigéria, 69 p.

Traoré, D. (2021) - Mutations d'usage des terres et dynamique de la biodiversité végétale ligneuse dans la commune de Kangala au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Ki-Zerbo, Ouagadougou (Burkina Faso), 270 p.

Traoré, F., Ouédraogo B. et Zoungrana B. J-B. (2026). Dynamiques d'occupation des terres et fragmentation paysagère dans l'Ouest du Burkina Faso entre 1990 et 2022 », *Physio-Géo* [En ligne], Volume 22 | 2026, mis en ligne le 20 mai 2026, consulté le 03 juin 2026. URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/19491>; DOI : <https://doi.org/10.4000/168x5>

Treitz, P., Rogan, J., (2004). Remote sensing for mapping and monitoring land-cover and land-use change—an introduction. *Progress in Planning*, 61: p 269–279.

Vink, A. P. A., (1983). « Landscape ecology and land use ». Longman, New York, USA.

Yao B. R., Atta M. J., Dje Bi D. S., & Koffi K. E. (2025). Actions anthropiques et dynamiques hydroclimatiques dans l'évolution des écosystèmes végétaux Dans le département de M'bahiakro (Centre-Est de la Côte D'ivoire). *Revue Internationale De La Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, 3 (3), 2426-2441. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15496261>

Zoungrana, A., Visser, M., Charles de Cannière, Ouédraogo, C.P., Bationo, B.A. & Traoré, S., (2023). Influence des changements agraires sur la dynamique paysagère autour des aires protégées du complexe Pô-Nazinga-Sissili au Burkina Faso. *Tropicultura* [En ligne], Volume 41 (2023), URL : <https://popups.uliege.be/2295-8010/index.php?id=2280>. Consulté le 20 janvier 2025.